

疲労センサーによる鋼橋の余寿命診断性能に関する実験研究

川崎重工業 正会員 ○大垣賀津雄 川口喜史 梅田聡
川崎重工業 仁瓶寛太 村岸治 小林朋平

1. はじめに

近年、道路、鉄道構造物の維持管理の観点で、ブリッジマネジメントシステム(BMS)が関係各所で盛んに議論されるようになってきている。鋼橋の劣化原因の主要なファクターとして疲労損傷が考えられる。著者らが開発を続けてきた金属箔のき裂進展特性を応用した"疲労センサー"¹⁾⁻⁴⁾（図1参照）を用いて、余寿命診断を量的に行うことができれば、補修、補強の経済的な判断の面で有効となり、BMS に大きく寄与するものであると考えられる。そこで、小型で高性能な疲労センサーを、橋梁などの鋼構造物に適用した場合の余寿命診断性能を検証するため、疲労実験を実施した。本文はその内容を報告するものである。

2. 実験内容

実験供試体は図2に示すとおり、プレートガーダー模型である。本供試体には、スカラップ、面外ガセット、フランジ面内ガセット、垂直補剛材、吊金具、ダブリングプレートなど、鋼橋で見られる各種溶接構造ディテールを有している。同図中、A1～H4 はき裂発生が想定される対象部位である。供試体は図3の荷重状況写真に示すとおり、支間長3mの中央において、疲労試験機により荷重範囲294kNの動的荷重を行っている。

実験の荷重荷重と繰返し数は表1に示すとおりであり、静的荷重試験、疲労試験フェーズ1、フェーズ2の各段階に分けて実験を行った。静的荷重試験では応力集中ゲージ、ひずみゲージにより、対象部位の応力発生状況を把握した。対象部位の疲労き裂が生じやすい溶接止端における集中ゲージや疲労センサーの貼付位置は、図4に示すとおりである。疲労センサーに反応が現れる段階（フェーズ1）では、図1に示した疲労センサー（寸法7mm×14mm）を貼り付けて、代表的な繰返し数ごとに対象部位のセンサーの反応を調査した。実験供試体の対象部位にき裂が発生する段階（フェーズ2）では、設置していた疲労センサーを剥がし、同じ位置にひずみゲージを貼付している。

3. 実験結果

フェーズ1では、図2に示した対象部位を点検すると、貼付した疲労センサーにき裂が発生していたので、余寿命評価を実施している。本稿執筆時点で、疲労実験はフェーズ2の繰返し数約65万回の状態であり、図2に示した実験供試体の対象部位のうち、スカラップ部C2,C4にき裂が生じたので、その箇所について考察を述べることにする。

図5には繰返し数に対するC2,C4におけるひずみ範囲低下率（ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon$ ／初期ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_0$ ）と、C2,C4における表面き裂長さの関係を表している。同図には、疲労センサーにて計測されたき裂長さから評価できる余寿命範囲と、ひずみゲージにて計測されたひずみ範囲からJSSCの疲労設計線図⁵⁾を用いて算定した余寿命範囲（ $\pm 2\sigma$ 、 σ ：標準偏差）を表示している。

C2,C4は繰返し数30万回程度より、表面き裂の進展とともに応力が解放されることにより、ひずみ範囲低下率が1.0から徐々に小さくなってきている。疲労センサーによる余寿命予測の平均値である繰返し数約70万回付近にて、ひずみ範囲が低下していき、き裂も約20mmに至っていることがわかる。したがって、スカラップ部(C2,C4)における疲労センサー適用精度の確認できたといえる。本稿執筆時点では、対象部位の一部の報告となったが、その他の部位については後日報告する。

（謝辞）本研究に際しては、名古屋大学の山田健太郎教授にご助言頂きました。ここに記し感謝いたします。

【参考文献】1）仁瓶他：機械・構造物の寿命予測法の開発研究—第2報：クラックゲージ型疲労センサーの試作—日本材料学会第19回疲労シンポジウム前刷集，1988.11 2）仁瓶他：既存船の疲労損傷度推定に関する研究—疲労センサーの開発—関西造船協会春季講演会論文集，2000.5 3）梅田他：疲労センサーによる鋼橋の疲労損傷度評価，国土交通省近畿地方整備局平成14年度管内技術研究発表会，2002.7，4）川口他：疲労センサーによる損傷モニタリングの橋梁への適用，土木学会第57回年次学術講演会I-295，2002.9，5）（社）日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，1993.4

キーワード：疲労センサー、疲労損傷、橋梁、疲労き裂進展、余寿命診断

連絡先：〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島8番地 電話 0794-35-8413 FAX 0794-35-0249

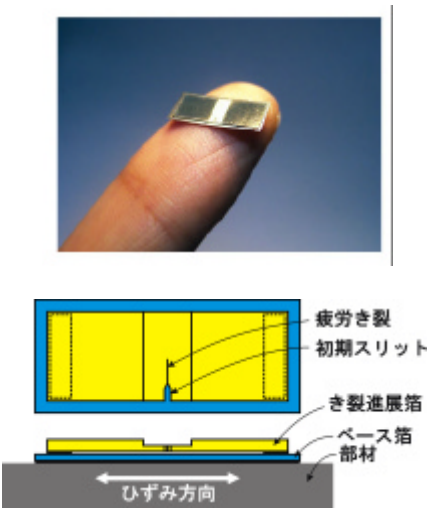


図1 疲労センサー



図3 実験状況

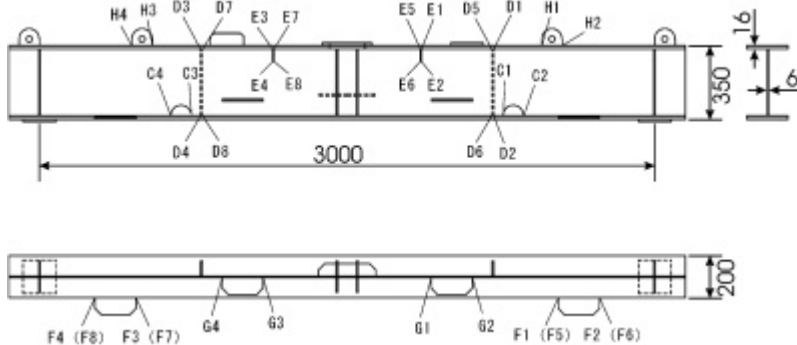


図2 実験供試体

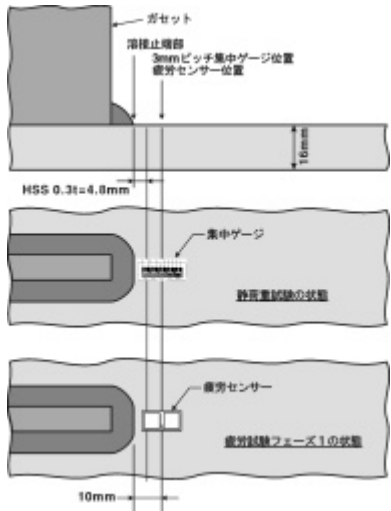


図4 ひずみゲージ、疲労センサー貼付位置

表1 各実験段階の目的と繰返し数

項 目	静荷重試験	疲労試験 フェーズ1	疲労試験 フェーズ2
目 的	評価対象溶接部近傍の応力分布測定	試験体に貼付した疲労センサーの点検結果に基づく評価対象溶接部の余寿命推定	試験体の評価対象部位におけるき裂発生寿命の確認
計測繰返し数	1	$5.0 \times 10^3 \sim 1.7 \times 10^5$	$3.5 \times 10^5 \sim$
荷重／荷重範囲	294 kN	294 kN	
荷重比 R^{*1}	—	0.1	

*1 $R = P_{min}/P_{max}$ P_{min} 、 P_{max} ：最小、最大荷重

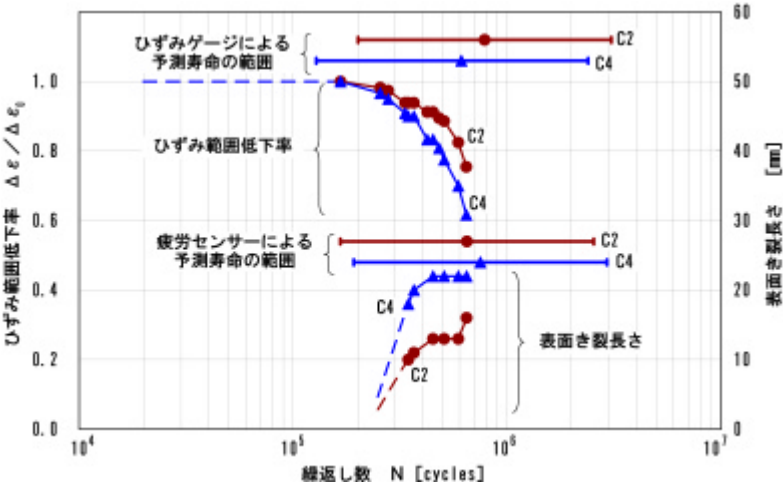


図5 き裂進展とひずみ範囲の関係(C2,C4)